



SIECI ELEKTROENERG ETYCZNE

Początki elektroenergetyki polskiej

Początki elektroenergetyki polskiej datowane są na koniec XIX wieku. Pierwsza elektrownia użyteczności publicznej została zbudowana w 1889 w Szczecinie, natomiast w 1907 roku uruchomiono pierwszą elektrownię w Łodzi. Budowano sieci lokalne prądu stałego i przemiennego, w tym także sieci 3-fazowe prądu przemiennego o napięciach w zakresie od 1 do 6 kV. Napięcie użytkowe wynosiło wówczas 120 V. W roku 1930 uruchomiono pierwszą rozdzielnię i linię napowietrzną o napięciu 60 kV, zaś w roku 1937 linię przesyłową 150 kV.

Szczególnie intensywna rozbudowa systemu elektroenergetycznego nastąpiła po II wojnie światowej i była związana z rozwojem energochłonnego przemysłu ciężkiego. W latach 50-tych wprowadzono napięcie 220 kV i połączono sieci o różnych napięciach w jeden krajowy system elektroenergetyczny. Funkcję sieci przesyłowej o kluczowym dla systemu znaczeniu pełniły początkowo linie 110 kV, a następnie linie 220 kV. W roku 1964 zbudowano pierwszą linię o napięciu 400 kV, a rozwój sieci na tym poziomie napięcia trwa do chwili obecnej. W 1984 roku została uruchomiona linia o najwyższym w krajowym systemie napięciu równym 750 kV.

SIECI ELEKTROENERGETYCZNE

To zespół urządzeń powiązanych funkcjonalnie i współpracujących ze sobą oraz przewodów przeznaczonych do przesyłania, przetwarzania i rozdzielania na określonym terytorium wytworzonej w elektrowniach energii elektrycznej.

Wymagania stawiane systemowi elektroenergetycznemu

Wymaga się ciągłej, niezawodnej dostawy energii elektrycznej odbiorcom. Ciągłość dostawy określona jest liczbą i czasem przerw w zasilaniu. Przerwy takie są nieuniknione, są następstwem awarii i zdarzeń losowych, jak również wynikają z konieczności wykonywania napraw i przeglądów eksploatacyjnych elementów systemu. Zapewnienie odpowiedniej niezawodności zasilania wiąże się z minimalizacją przerw w dostawie energii. W praktyce poziom niezawodności dostosowuje się do charakteru odbiorców.



SKŁAD I RODZAJE SIECI

- ▶ Sieci elektroenergetyczne składają się z linii i stacji elektroenergetycznych, ze względu na pełnione funkcje w procesie dostawy energii elektrycznej dzielimy na:
 - ▶ Sieci przesyłowe(sieci o napięciu wyższym niż 110kV)
 - ▶ Sieci rozdzielcze, dystrybucyjne(sieci o napięciu nie wyższym niż 110kV)
 - ▶ Sieci nn(poniżej 1kV)
 - ▶ Sieci SN(napięcie nieprzekraczające wartości 100kV)(30,20,15,10,6kV)
 - ▶ Sieci WN(napięcia o wartości 100kV)
 - ▶ Sieci NN(napięcia przekraczające wartość 100kV)(220,400kV)
- ▶ Sieci prądu przemiennego
- ▶ Sieci prądu stałego

CHARAKTERYSTYKA SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH

Sieci elektroenergetyczne realizują zadania przesyłu i rozdziału energii elektrycznej i łączą źródła (elektrownie) z odbiornikami tej energii. Przesył odbywa się liniami elektroenergetycznymi napowietrznymi i kablowymi, rozdział następuje w stacjach elektroenergetycznych. Można wyróżnić dwie podstawowe konfiguracje sieci, otwartą i zamkniętą, o różnych układach połączeń. Sieć otwarta jest zasilana tylko w jednym punkcie, a więc kierunek dopływu energii do odbioru jest w takiej sieci stały. Typowymi dla sieci otwartej układami połączeń są układ promieniowy i magistralny

► A)



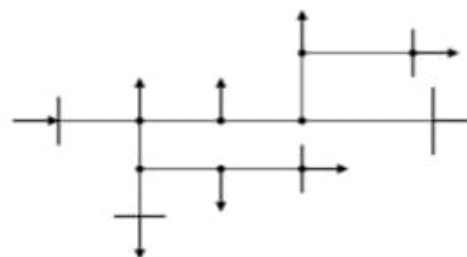
A-Układ promieniowy

B)



B-Układ magistralny

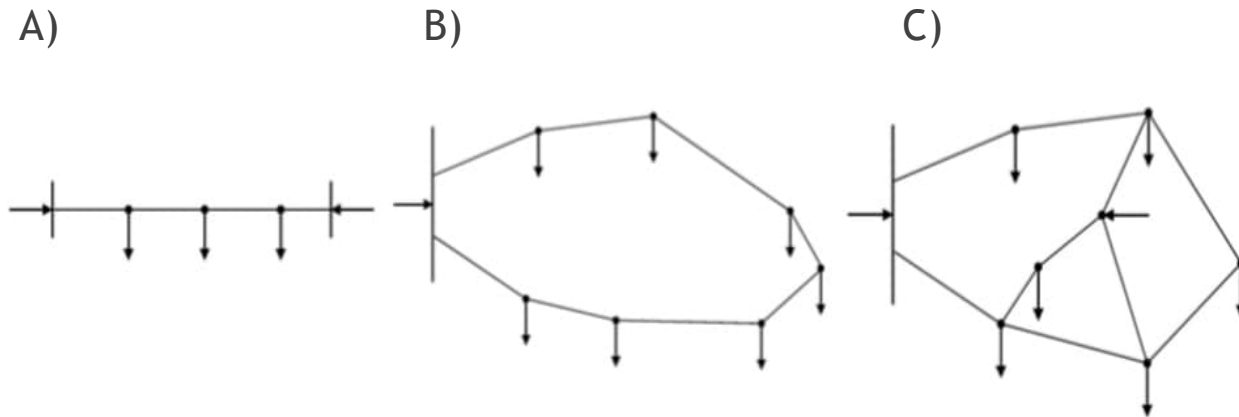
C)



C-Układ magistralny rozgałęziony

CHARAKTERYSTYKA SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH

Linia zamkniętą nazywamy linię zasilaną dwustronnie. Szczególnym przypadkiem linii zamkniętej jest linia pętlowa (okrężna), której początek i koniec przyłączone są do tego samego punktu (węzła).

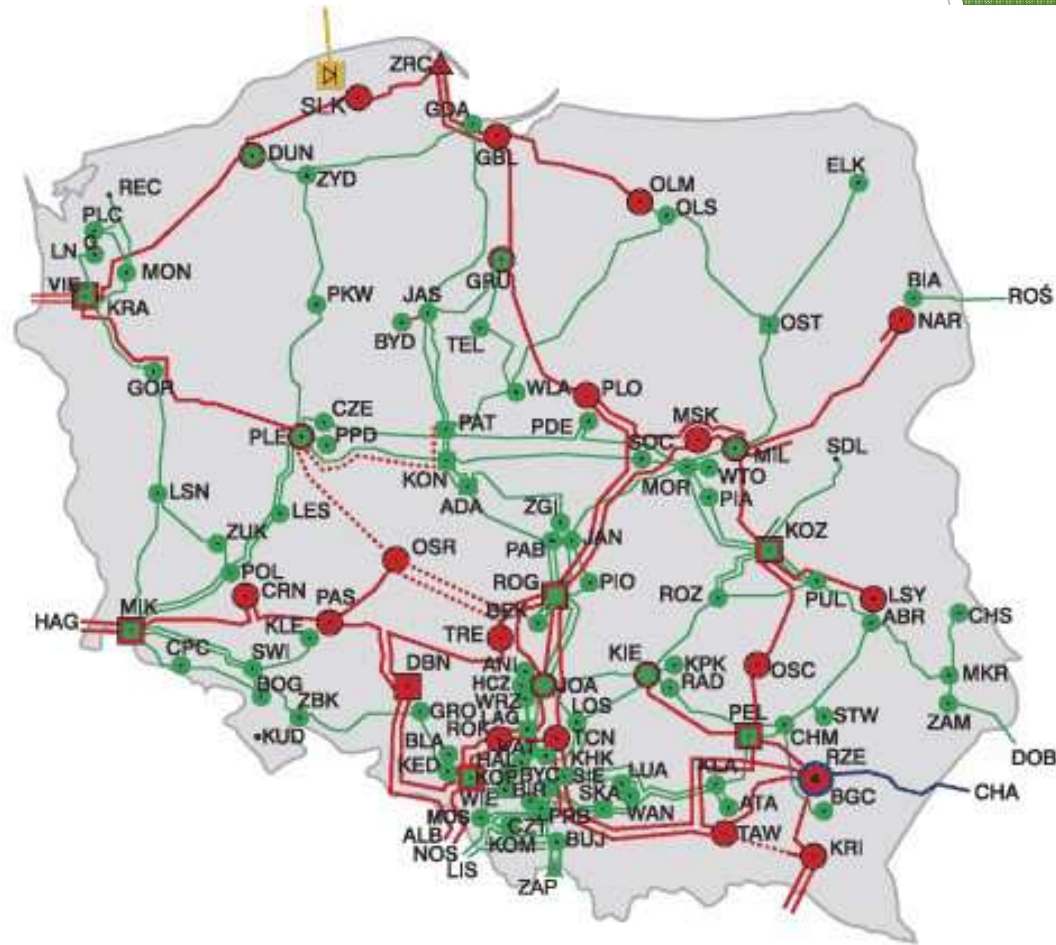
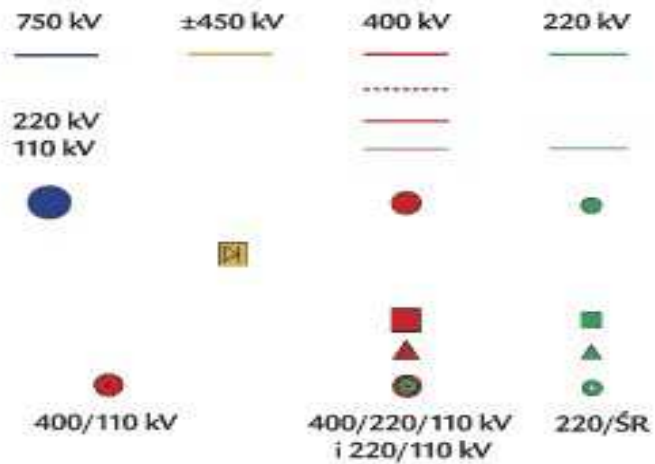


A-Układ magistralny
dwustronnie zasilany

B-Układ pętlowy

C-Układ oczkowy

MAPA KRAJOWYCH SIECI PRZESYŁOWYCH



SIECI

- ▶ Sieci 110 kV są sieciami przesyłowo-rozdzielczymi; jest ich w Polsce kilkadziesiąt, tworzą także układy zamknięte. Do rozdziatu energii elektrycznej są natomiast przeznaczone sieci o napięciach średnich, przy czym typowym dla nich napięciem znamionowym jest 15 kV. Sieci rozdzielcze odbiorców przemysłowych mogą być budowane także na inne napięcia (np. 10 kV), w zależności od rodzaju eksploatowanych odbiorników. Częstym przypadkiem są sieci przemysłowe na napięcie 6 kV.
- ▶ Sieci rozdzielcze budowane są w układach zamkniętych magistralnych lub pętlowych, ale zwykle pracują jako otwarte. Oznacza to, że w normalnych warunkach pracy w jednej ze stacji węzłowych stworzona jest przerwa (otwarty łącznik), co jest równoznaczne z podzieleniem magistrali na dwie otwarte części. Możliwość dwustronnego zasilania jest wykorzystywana w przypadku awarii.
- ▶ Sieci niskiego napięcia to sieci odbiorcze, otwarte, ich zadaniem jest doprowadzenie energii elektrycznej bezpośrednio do odbiorników. Końcowe odcinki takich sieci są często budowane jako jednofazowe, jeśli przeznaczone są do zasilania odbiorników jednofazowych. Typowym napięciem sieci odbiorców bytowo-komunalnych jest 400/230 V, wyższe napięcia znamionowe mogą dotyczyć odbiorników o charakterze przemysłowym o wyższych mocach.
- ▶ Sieci o różnych wartościach napięć znamionowych są ze sobą sprzęgnięte za pomocą transformatorów lub autotransformatorów

TRANSFORMATORY

- ▶ Moce transformatorów sieciowych są znormalizowane i wynoszą od 16 kVA do 63 MVA (spotyka się także moce większe - do 1500 MVA). Transformatory elektrowniane, pracujące w bloku z generatorem (tzw. transformatory blokowe) mają moc dostosowaną do generatorów.
- ▶ Powszechnie stosuje się jednostki trójfazowe, dwu- lub trój uzwojeniowe, najczęściej z izolacją olejową. Wśród transformatorów SN/nn coraz częściej stosuje się jednostki o izolacji suchej (żywicznej).
- ▶ Transformatory o mocy co najmniej 2 MVA wyposażone są w przetłączniki zaczepów do zmiany napięcia pod obciążeniem, mniejsze jednostki mają przetłączniki zaczepów do zmiany napięcia w stanie bez napięciowym, $\pm 5\%$ U_n (zaczepty -5%, 0, 5%).

TRANSFORMATOR SIECIOWY OLEJOWY



APARATURA ŁĄCZENIOWA

- ▶ W stacjach elektroenergetycznych występują cztery rodzaje łączników:
- ▶ odłączniki - przeznaczone do zamykania i otwierania obwodu elektrycznego, w którym nie płynie prąd.
- ▶ rozłączniki - przeznaczone do łączenia prądów roboczych.
- ▶ wyłączniki - przeznaczone do łączenia prądów roboczych i zwarciowych, po podaniu sygnału na wykonanie danej czynności łączeniowej.
- ▶ bezpieczniki - przeznaczone do samoczynnego wyłączenia prądów większych od prądów znamionowych. Wyłączenie następuje przez stopienie i wyparowanie drutu topikowego.



WYŁĄCZNIK POWIETRZNY 110 kV

PRZEKŁADNIKI

- ▶ Obwody, przez które przepływa rozdzielana i przetwarzana energia elektryczna nazywa się pierwotnymi lub głównymi. W rozdzielniczy występują także obwody wtórne, służące do celów:
 - ▶ pomiarowych,
 - ▶ zabezpieczeniowych
 - ▶ sterowniczych i sygnalizacyjnych.
- ▶ Obwody te oddzielone są od pierwotnych za pomocą przekładników prądowych i napięciowych . Są to obwody niskonapięciowe.

PRZEKŁADNIKI ELEKTROENERGETYCZNE 110 kV NAPIĘCIOWY PRĄDOWY



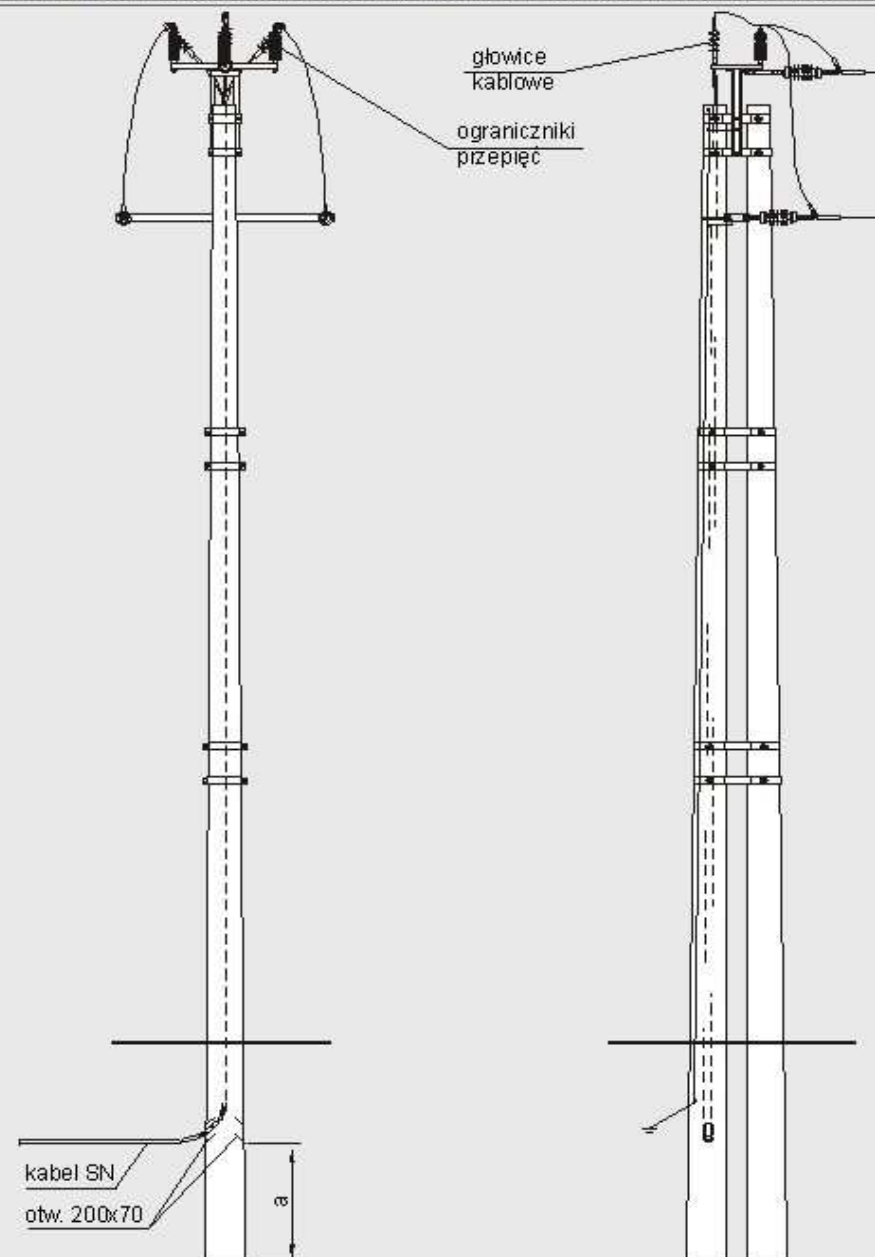
LINIE NAPOWIETRZNE

- ▶ Zasadniczym elementem każdej linii elektroenergetycznej są przewody wiodące prąd. W linii napowietrznej są one mocowane do konstrukcji wsporczych (słupów) za pomocą izolatorów. Jako napowietrzne budowane są przede wszystkim linie przesyłowe WN oraz linie przesyłowo-rozdzielcze o napięciu znamionowym 110 kV. Stały się one charakterystycznym już elementem polskiego krajobrazu. Linie o napięciach niższych (SN i nn) buduje się zarówno w wersji napowietrznej jak i kablowej, przy czym im niższe jest napięcie linii tym większy jest udział linii kablowych.
- ▶ W ogólnym przypadku linia napowietrzna składa się z następujących elementów:
 - ▶ konstrukcje wsporcze czyli słupy
 - ▶ uziomy słupów
 - ▶ izolatory
 - ▶ przewody fazowe
 - ▶ przewody odgromowe
 - ▶ osprzęt liniowy.

SŁUPY

- ▶ Słupy linii napowietrznej przeznaczone są do podtrzymywania przewodów i/lub do przejmowania siły ich naciągu. Od przeznaczenia i pełnionej w linii funkcji zależy ich konstrukcja. Rozróżnia się następujące rodzaje słupów:
- ▶ przelotowe - przeznaczone do podtrzymywania przewodów bez przejmowania ich naciągu.
- ▶ narożne - ustawiane w miejscu gdzie linia zmienia kierunek, przy czym zmiana ta (tzw. kąt załomu) przekracza 5° . Utrzymują przewody oraz przejmują siły ich naciągu, wynikające ze zmiany kierunku.
- ▶ odporowe - słupy tzw. mocne, przeznaczone do podtrzymywania przewodów, ale także do utrzymania jednostronnego naciągu przewodów. Stanowią punkty odporowe linii dla umiejscowienia zakłóceń mechanicznych.
- ▶ odporowo-narożne - pełnią funkcję słupa odporowego i narożnego.
- ▶ krańcowe - ustawiane na krańcach linii, przeznaczone do przejmowania jednostronnego naciągu przewodów.
- ▶ rozgałęźne - ustawiane w punktach rozgałęzienia linii; łączą funkcje różnych słupów.

POŁĄCZENIE LINII KABLOWEJ SN Z LINIĄ NAPOWIĘTRZNĄ LSN NA SŁUPIE KRAŃCOWYM PODWÓJNYM



PRZEJŚCIE LINII NAPOWIETRZNEJ NA KABLOWĄ



SYLWETKI SŁUPÓW



LSN20



B2



O24



H52



M52



Y52



Z52





LINIA 110kV- SŁUP PRZELOTOWY



LINIA 220kV- SŁUP PRZELOTOWY





LINIA 220kV-SŁUP ODPOROWY





LINIA 400kV
DWUDRUTOWA
-SŁUPY
PRZELOTOWE I
NAROŻNY

Linia 400kV
SŁUP
ODPOROWY



PRZEWODY

- ▶ Energia elektryczna przesyłana jest przewodami fazowymi. Przewody te narażone są na działanie warunków atmosferycznych i środowiskowych, muszą więc charakteryzować się następującymi cechami:
- ▶ dużą przewodnością elektryczną
- ▶ odpornością na działania atmosferyczne i chemiczne
- ▶ odpornością na drgania
- ▶ dużą wytrzymałością mechaniczną.

MATERIAŁ STOSOWANY DO BUDOWY PRZEWODÓW

- ▶ Materiałem stosowanym powszechnie do budowy przewodów jest aluminium, którego przewodność właściwa wynosi ok. $34 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$. Większą przewodnością charakteryzuje się miedź (ok. $54 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$), ale jest ona jednocześnie droższa i cięższa, dlatego też do budowy przewodów linii przesyłowych, których przekroje są stosunkowo duże, nie znalazła zastosowania. Typowa konstrukcja przewodu to linka skręcona z wielu drutów aluminiowych. Dla zwiększenia wytrzymałości mechanicznej, środek linek o większych przekrojach wykonuje się z drutów stalowych. Przekrój znamionowy linki, któremu odpowiada długotrwała obciążalność prądowa, jest przekrojem części aluminiowej, rzeczywisty przekrój przewodu jest oczywiście większy. Linki tak zbudowane oznacza się AFL, np. AFL-6 120 mm^2 . W oznaczeniu podaje się przekrój znamionowy (np. 120 mm^2) oraz stosunek przekroju części aluminiowej do części stalowej. Stosuje się także przewody stalowo-aluminiowe segmentowe AFLs, które ze względu na kształt drutów warstwy zewnętrznej pozwalają na zmniejszenie średnicy przewodu przy jednoczesnym zachowaniu własności elektrycznych i mechanicznych.
- ▶ Nowoczesne przewody linii napowietrznych to przewody ACCC, których rdzeń wykonany jest z włókien węglowych i szklanych, a pozostała część z wyżarzonych aluminiowych drutów trapezoidalnych. Przewody te odznaczają się mniejszą masą w stosunku do przewodów AFL o takiej samej średnicy oraz niewielkim wzrostem zwisu przy wzroście temperatury. Większe pole przekroju aluminium w porównaniu do przewodów AFL powoduje obniżenie strat przy tym samym obciążeniu.

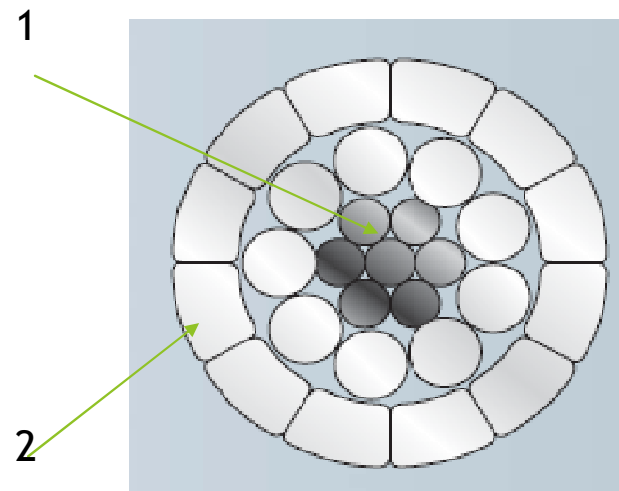
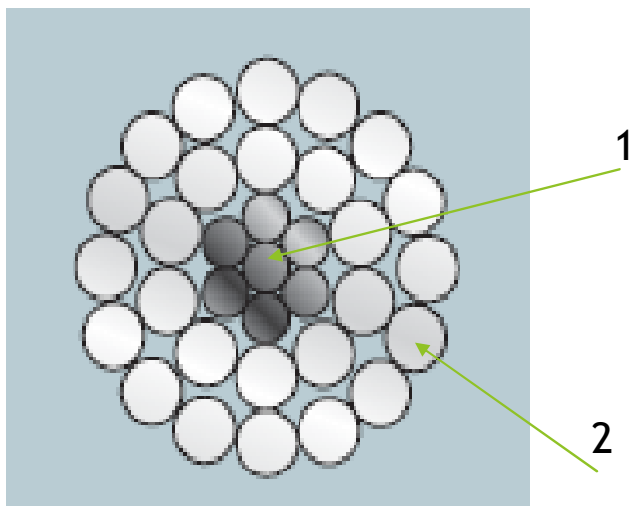
ŚREDNICE DRUTÓW

- ▶ Średnice drutów są znormalizowane i wynoszą od 1,16 do 5,05 mm, przy czym w przewodach o przekrojach do 50 mm² średnice drutów stalowych są takie same jak aluminiowych. Dla większych przekrojów druty stalowe są cieńsze. Linki skręcane są spiralnie z 7, 19, 37 lub 61 drutów. Stosunek przekroju aluminium do przekroju stali jest znormalizowany i równy: 1,25; 1,7; 3; 4; 6; 8; 20. Znormalizowane przekroje linek wynoszą: 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 350, 400, 525, 675, 775, 840 mm².
- ▶ W sieciach SN do 20 kV stosuje się także przewody aluminiowe z żyłą wielodrutową w izolacji z polietylenu usieciowanego (typu AALXS)

. Linka wielodrutowa stalowo-aluminiowa:

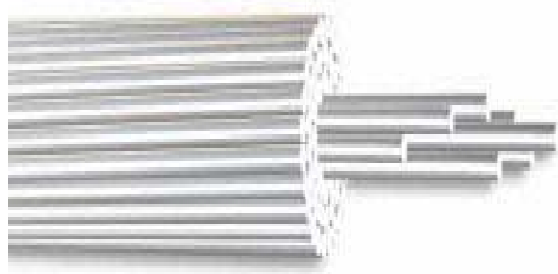
a) AFL, b) AFLs.

Oznaczenia: 1 - druty stalowe, 2 - druty aluminiowe.

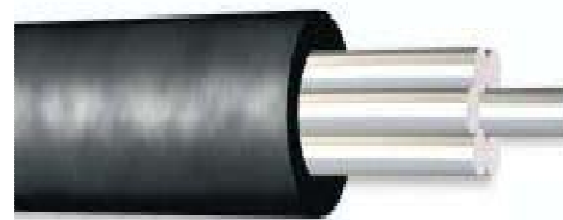


PRZEWODY LINII NAPOWIETRZNYCH

► a) typu AFL



b) typu AALXS



IZOLATORY

- ▶ Przewody linii napowietrznych są mocowane do konstrukcji wsporczych za pośrednictwem izolatorów. Zadaniem izolatora jest elektryczne oddzielenie przewodu pod napięciem od części dostępnej dla dotyku oraz utrzymanie ciężaru przewodu (wraz z sadzią), siły naciągu oraz wiatru. Wynikają stąd następujące cechy izolatorów: • odpowiednia wytrzymałość elektryczna i mechaniczna odporność na wpływy atmosferyczne i chemiczne.
- ▶ Odpowiednia wytrzymałość elektryczna oznacza odporność izolatora na przeskok i przebicie. Przeskok jest wyładowaniem elektrycznym zachodzącym pomiędzy przewodem a uziemioną konstrukcją słupa po powierzchni izolatora, zaś przebicie jest wyładowaniem zachodzącym wewnątrz izolatora. O ile dopuszcza się możliwość wystąpienia przeskoku na izolatorze w czasie pracy linii, o tyle prawidłowo dobrany izolator nie powinien ulec przebiciu, które jest równoznaczne z jego zniszczeniem.

TYPY I MATERIAŁY STOSOWANE DO BUDOWY IZOLATORÓW

- ▶ Materiałami stosowanymi do budowy izolatorów są ceramika, szkło i tworzywa sztuczne. Wyróżnia się dwa typy izolatorów:
- ▶ stojące - dla napięć do 30 kV: deltowe, deltowe wzmocnione, pniowe
- ▶ wiszące - dla napięć SN i WN: jednokołpakowe, wielokołpakowe, długopniowe.
- ▶ Wytrzymałość elektryczna izolatora zależy od długości tzw. drogi upływu. Jest nią odległość po powierzchni izolatora pomiędzy jego biegunami. Zwiększenie wytrzymałości elektrycznej wiąże się ze zwiększeniem długości lub średnicy izolatora. W izolatorach pełnopniowych długość pnia jest co najmniej równa trzykrotnej jego średnicy. Izolatory stojące mocuje się do słupów za pomocą trzonów stalowych

SPOSÓB ŁĄCZENIA IZOLATORÓW

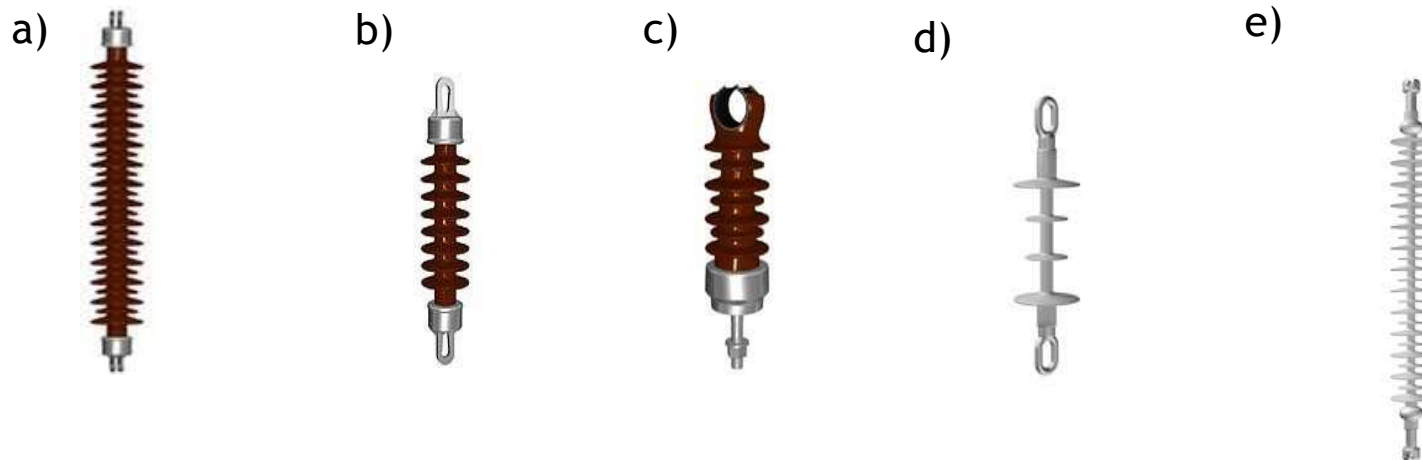
Izolatory łączy się w łańcuchy:

- ▶ jednorzędowe
- ▶ wielorzędowe - dwa lub więcej łańcuchów szeregowych połączonych równolegle
- ▶ złożone - zespół dwóch lub więcej łańcuchów jedno- lub wielorzędowych, np. układ typu V lub Y.

- ▶ Łączenie izolatorów w łańcuchy szeregowe stosuje się w celu zwiększenia ich wytrzymałości elektrycznej. Łańcuchy równoległe stosuje się natomiast w celu zwiększenia wytrzymałości mechanicznej izolatorów. Izolatory wiszące mocuje się do słupów za pomocą specjalnych uchwytów. Stosuje się dwa typowe sposoby zawieszenia: przelotowe - na słupach przelotowych i odciągowe - na słupach mocnych. Na rysunku pokazano łańcuchy izolatorów linii WN przy zawieszeniu przelotowym i odciągowym.



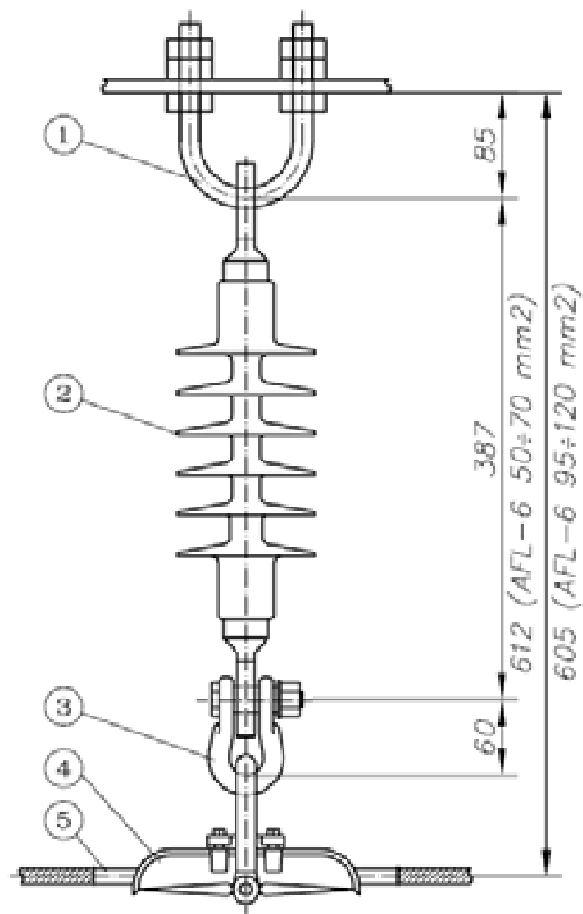
IZOLATORY LINII NAPOWIETRZNYCH



- a) Ceramiczny wiszący długopniowy do WN,
- b) Ceramiczny wiszący pniowy do linii SN,
- c) ceramiczny stojący do linii SN,
- d) kompozytowy wiszący SN,
- e) kompozytowy WN.

ELEMENTY IZOLATORA PRZELOTOWEGO JEDNORZĘDOWEGO LINII SN

- 1- wieszak śrubowo-kabłąkowy
- 2- izolator
- 3- łącznik kabłąkowy
- 4- uchwyt przelotowy wahliwy
- 5- taśma Al



LINIE KABLOWE

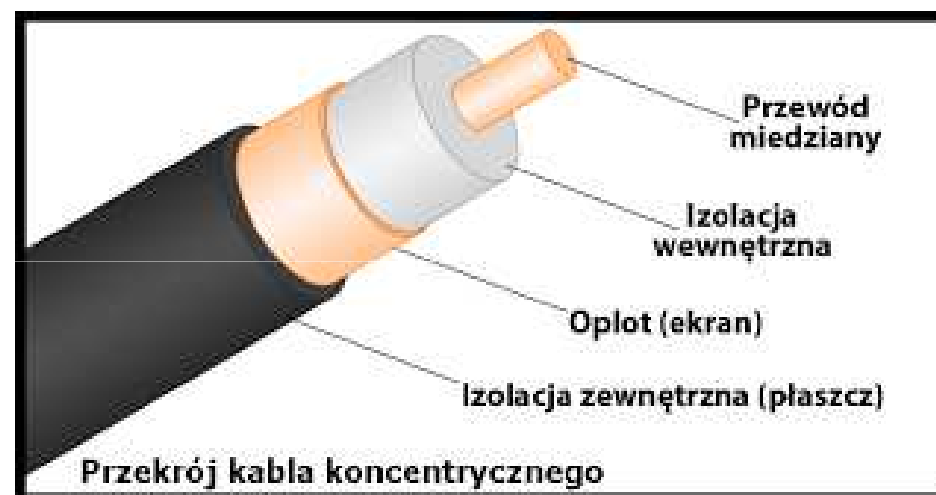
- ▶ Linia kablowa może być wykonana za pomocą kabla wielożyłowego lub kilku kabli jednożyłowych ułożonych na wspólnej trasie. Kabel jest to specjalny rodzaj przewodu, zasadniczo przeznaczony do układania w ziemi. Taki sposób prowadzenia determinuje jego budowę i wymaga zastosowania specjalnych elementów ochronnych. Istnieje duża różnorodność kabli, różniących się przeznaczeniem i budową



ELEMENTY KABLA

Zasadniczymi elementami kabla są:

- ▶ żyła
- ▶ izolacja żyły
- ▶ powłoka ochronna
- ▶ pancerz
- ▶ ekran

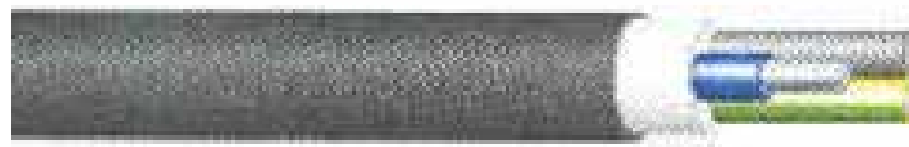


ŻYŁA

- ▶ Żyła w kablach elektroenergetycznych pełni podobną rolę jak przewód w linii napowietrznej - jest przewodnikiem prądu elektrycznego. Kable o napięciu znamionowym niskim budowane są jako wielożyłowe. W układach 3-fazowych składają się one z trzech żył fazowych i czwartej żyły neutralno-ochronnej (układ TN-C lub TT) lub też z trzech żył fazowych i dwóch odrębnych żył neutralnej i ochronnej (układ TN-S). W obwodach 1-fazowych wykorzystuje się kable 3-żyłowe lub 2-żyłowe, w których jedna żyła jest zawsze żyłą fazową, jedna neutralną i jedna ochronną (kabel 3-żyłowy) lub neutralno-ochronną (kabel 2-żyłowy). Kable na napięcia wyższe od 1 kV są zwykle 1-żyłowe.
- ▶ W kablach wielożyłowych żyły budowane z pojedynczych drutów o przekroju kołowym lub sektorowym (w kształcie wycinka koła) . Przekrój sektorowy umożliwia lepsze wykorzystanie przestrzeni wewnętrznej kabla, czego efektem jest zmniejszenie przekroju całkowitego i ciężaru kabla. Sektorowego przekroju żył nie stosuje się w kablach SN, gdyż zwiększone natężenie pola elektrycznego na krawędziach żył powodowałoby narażenie izolacji w tych miejscach i zmniejszenie trwałości kabla.
- ▶ Kable 1-żyłowe stosowane są najczęściej w liniach kablowych SN i 110 kV. Żyły tych kabli, zwykle o większych przekrojach, są budowane podobnie jak przewody linii napowietrznej - w postaci linek wielodrutowych.
- ▶ Żyły kabli elektroenergetycznych wykonuje się z aluminium (ozn. A) i miedzi (bez oznaczania).

KABLE

- ▶ KABEL O KOŁOWYM PRZEKROJU ŻYŁ
- ▶ KABEL O SEKTOROWYM PRZEKROJU ŻYŁ



IZOLACJA ŻYŁY

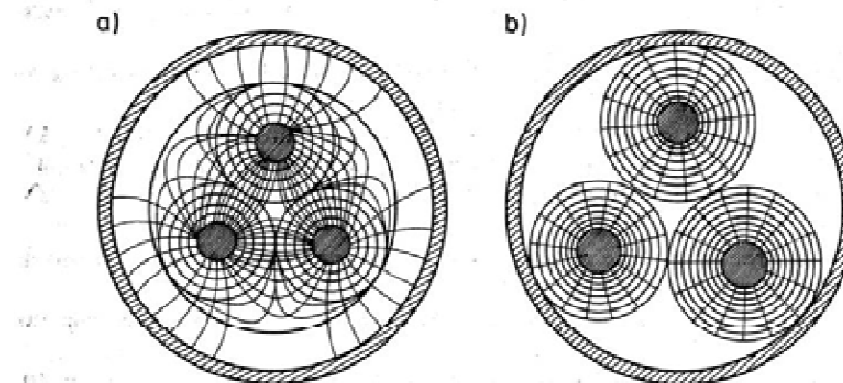
- ▶ Żyły kabla pokrywa się warstwą izolacji, w celu odizolowania ich od siebie oraz od części dostępnych dla dotyku. W praktyce stosowane są różne materiały izolacyjne: papier nasączony olejem mineralnym, tworzywa sztuczne (polwinit - ozn. Y, polietylen - ozn. X), czy guma (ozn. G). Rodzaj i grubość warstwy izolacyjnej zależy od napięcia znamionowego kabla. Izolacja powinna zapewniać odpowiednią odporność i trwałość kabla.
- ▶ Podstawowymi materiałami stosowanymi na izolację kabli są tworzywa termoplastyczne, w szczególności polietylen. Guma jest mieszaniną kauczuku, siarki i innych składników. Po nałożeniu na żyłę poddaje się ją procesowi wulkanizacji. Izolacja papierowa wykonywana jest z taśmy papierowej, która nawijana jest na żyły aż do uzyskania odpowiedniej grubości. Po wykonaniu izolacji żył kabel osusza się w temperaturze 100-130 °C i nasycy olejem mineralnym.
- ▶ W kablach 3-żyłowych o izolacji papierowo-olejowej występuje także tzw. izolacja rdzeniowa. Jest to dodatkowa warstwa izolacji papierowej nałożona na wszystkie izolowane żyły kabla, stanowiące tzw. rdzeń.

POWŁOKA

- ▶ Izolacja żyły pokrywana jest warstwą powłoki ochronnej, której zadaniem jest ochrona izolacji przed wilgocią, czynnikami chemicznymi i innymi wpływami zewnętrznymi, na które narażony jest kabel umieszczony w ziemi. Powłoki ochronne kabli elektroenergetycznych wykonywane są z ołowiu, tworzyw sztucznych lub aluminium (ozn. A). Kable jednożyłowe są jednopowłokowe, natomiast kable 3-żyłowe mogą być jednopowłokowe lub trójpowłokowe. W pierwszym przypadku powłoka nałożona jest na izolację rdzeniową, w drugim zaś - na izolację każdej żyły oddzielnie.

EKRAN

- ▶ Ekran stosowany jest w kablach w celu zwiększenia ich trwałości. Wykonany z materiału półprzewodzącego jest umieszczany na izolacji żył, a niektórych konstrukcjach także na żyłach. Ekran powoduje wyrównanie rozkładu pola elektrycznego wewnątrz izolacji żył (pole promieniowe) i ograniczenie jego natężenia, czego efektem jest zmniejszenie narażenia izolacji na przebicie i na utratę jej własności izolacyjnych. Na rys pokazano rozkład pola elektrycznego wewnątrz izolacji kabla 3-żyłowego z izolacją rdzeniową i kabla ekranowanego. Ekran na żyłce stanowi również barierę cieplną zmniejszającą nagrzewanie izolacji w czasie przepływu prądu zwarciovego. Kable ekranowane oznaczają się literą H od nazwiska niemieckiego konstruktora Martina Höchstädtera.



Rozkłady pola elektrycznego wewnątrz kabla:

- a) z izolacją rdzeniową,
- b) ekranowanego

PANCERZ

- ▶ Pancierz jest zewnętrzną warstwą kabla. Umieszczany na powłoce ochronnej stanowi zabezpieczenie przed uszkodzeniami mechanicznymi. Wykonywany jest z taśm (ozn. Ft) lub drutów stalowych (ozn. Fo - druty okrągłe lub Fp - druty płaskie), a dla ochrony przed korozją pokrywany jest osłoną z materiałów włóknistych, np. juta (ozn. A). W niektórych kablach funkcję pancierza pełni aluminiowa powłoka ochronna.

SPOSÓB OZNACZENIA KABLI ELEKTROENER- GETYCZNYCH

Przykładowe oznaczenie kabla elektroenergetycznego. **YAKY-żo** kabel elektroenergetyczny (**K**) o żyłach wykonanych z aluminium (**A**), o izolacji polwinitowej (**Y**) z powłoką polwinitową (**Y**), posiadający żyłę ochronną zielono-żółtą

Symbol	Znaczenie
<i>Materiał powłoki</i>	
	ołów
A	aluminium
Y	polwinit
Yn	polwinit z powłoką nierozprzestrzeniającą płomienia
<i>Układ izolacji</i>	
	izolacja rdzeniowa
H	pole promieniowe, wspólna powłoka, żyły ekranowane
3H	pole promieniowe, kabel 3 - powłokowy
<i>Materiał żyły</i>	
	miedź
A	aluminium
<i>Przeznaczenie</i>	
K	kabel elektroenergetyczny
<i>Materiał izolacyjny</i>	
	papier z syciwem zwykłym
n	papier z syciwem nieściekającym
Y	polwinit
X	polietylen
Xs	polietylen usieciowany
<i>Rodzaj uzbrojenia, osłony</i>	
Ft	pancerz z taśm stalowych
Fp	pancerz z płaskich drutów stalowych
Fo	pancerz z okrągłych drutów stalowych
A	osłona z przesyconego materiału włóknistego
y	osłona z polwinitu
<i>Występowanie żyły ochronnej</i>	
	brak żyły ochronnej w przewodzie
-żo	przewód z żyłą ochronną (zielono-żółtą)
<i>Ilość żył w przewodzie</i>	
1	przewód jednożyłowy
2	przewód dwużyłowy itd
<i>Przekrój znamionowy żył w mm²</i>	
1	przewód z żyłami o przekroju 1 mm ² każda
1, 5	przewód z żyłami o przekroju 1,5 mm ² każda

OSPRZĘT KABLOWY

- ▶ Osprzętem kablowym nazywa się zbiór elementów przeznaczonych do wykonywania i ochrony połączeń między kablami, rozgałęziania i zakańczania kabli. Łączenie dwóch odcinków kabla wykonuje się za pomocą mufy, natomiast zakończenie kabla stanowi głowica. Zarówno mufy jak i głowice muszą zapewnić odpowiednią szczelność oraz wymaganą wytrzymałość elektryczną i mechaniczną. Sposób wykonania osprzętu zależy od budowy kabli. Do kabli z izolacją papierowo-olejową stosuje się osprzęt o korpusach metalowych, zaś do kabli z izolacją z tworzyw termoplastycznych wykorzystywany jest osprzęt taśmowy z tworzyw sztucznych lub osprzęt z rur termokurczliwych. Do osprzętu kablowego zalicza się również: złączki, zaciski, rozpórki, syciwa, zalewy, taśmy izolacyjne.

ZACHOWANIE ODLEGŁOŚCI W LINIACH KABLOWYCH

- ▶ Kable układa się w ziemi z zachowaniem odpowiednich odległości od siebie oraz od fundamentów budynków i innych urządzeń podziemnych (rurociągi, zbiorniki..). Wymagana jest następująca głębokość ułożenia kabli:
- ▶ 50 cm - kable oświetlenia ulicznego nn
- ▶ 70 cm - inne kable nn
- ▶ 80 cm - kable o napięciu $1 < U_n \leq 15$ kV
- ▶ 100 cm - kable o napięciu $U_n > 15$ kV

LINIE KABLOWE ,A NAPOWIETRZNE

- ▶ W porównaniu do linii napowietrznych linie kablowe są mniej uciążliwe dla otoczenia i mniej uciążliwe w eksploatacji. Są także bardziej niezawodne, głównie z powodu braku narażeń na warunki atmosferyczne. Ponadto, linie kablowe charakteryzują się mniejszą reaktancją indukcyjną , a więc straty i spadki napięcia w takich liniach są mniejsze. Pomimo tych niezaprzeczalnych zalet praktyczne wykorzystanie takich linii jest ograniczone względami ekonomicznymi. Koszty inwestycyjne linii kablowych są bowiem większe od kosztów linii napowietrznych (bez uwzględnienia kosztów terenu) i różnica ta rośnie wraz ze wzrostem napięcia znamionowego. W niektórych jednak przypadkach, głównie na obszarach zurbanizowanych, koszt terenu może powodować, że linia napowietrzna stanie się droższa od linii kablowej. Czynniki wpływającymi na stosowanie linii kablowych są więc przede wszystkim:
 - ▶ wymagania urbanistyczne
 - ▶ ograniczona powierzchnia terenu
 - ▶ konieczność przekraczania dużych zbiorników wodnych
 - ▶ strefa zabrudzeniowa utrudniająca eksploatację linii napowietrznej.



STACJE ELEKTROENERGETYCZNE

ISTOTA STACJI ELEKTROENERGETYCZNEJ

- ▶ Stacją elektroenergetyczną nazywa się zespół urządzeń elektroenergetycznych służących do rozdziału, przetwarzania lub transformacji energii elektrycznej. Ze względu na usytuowanie w SEE stacje dzieli się na elektrowniane, sieciowe i odbiorcze. Zdecydowaną większość stanowią stacje sieciowe, które są punktami węzłowymi sieci elektroenergetycznej. Dalszy podział stacji uwzględnia:
 - ▶ funkcję pełnioną w SEE - stacje rozdzielcze i transformatorowo-rozdzielcze
 - ▶ wysokość napięcia znamionowego - stacje WN, SN i nn
 - ▶ rozwiązanie konstrukcyjne - stacje napowietrzne i wewnętrzne.

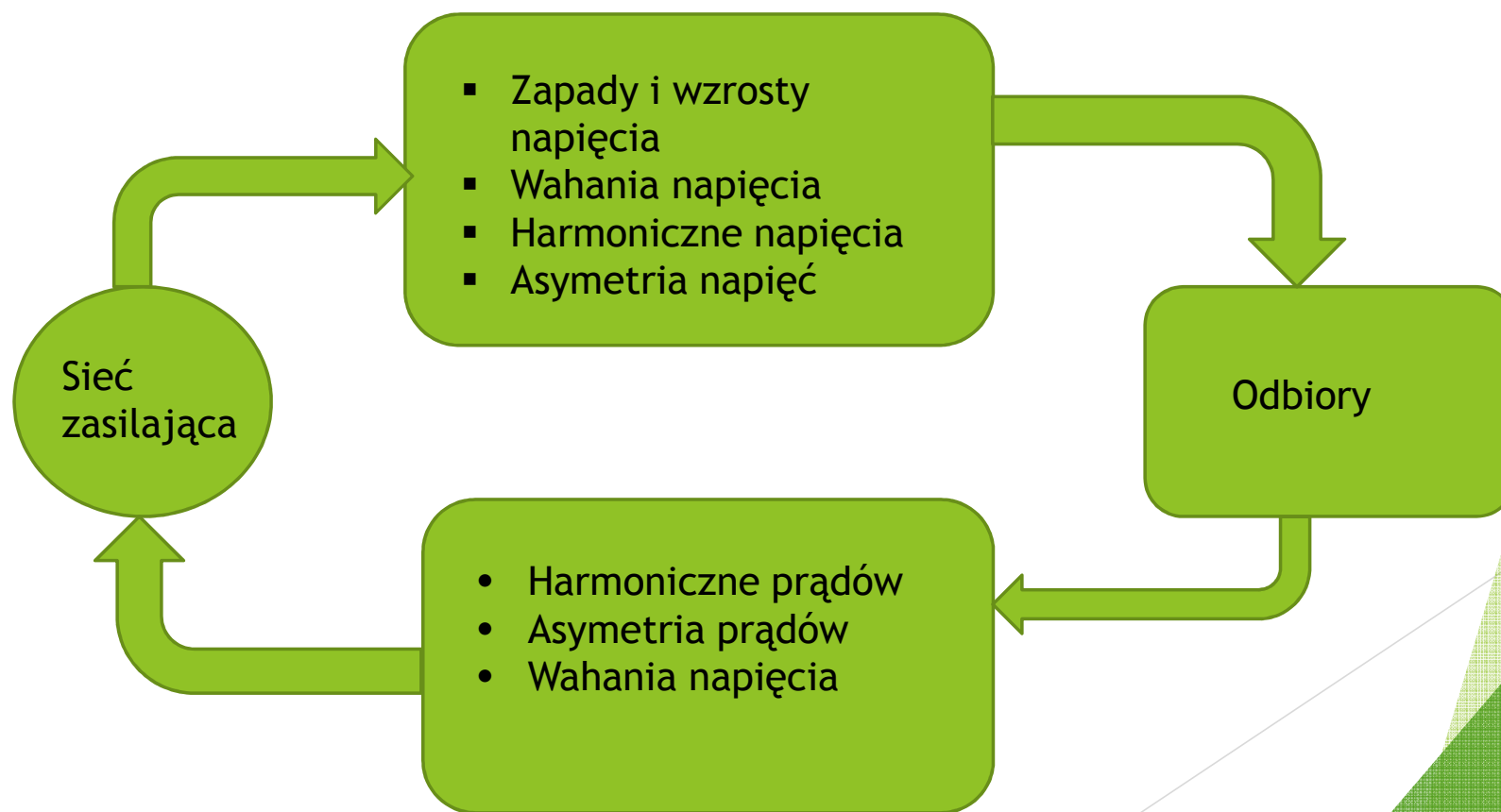
ROZDZIELNICA

- ▶ Głównym elementem każdej stacji rozdzielczej jest rozdzielnica, której zadaniem jest doprowadzenie energii obwodami zasilającymi i jej rozdział na obwody odbiorcze przy tym samym napięciu. W skład rozdzielnicy wchodzi następujące elementy podstawowe:
- ▶ przewody, szyny zbiorcze, izolatory i konstrukcje wsporcze
- ▶ aparatura łączeniowa
- ▶ przekładniki i obwody wtórne
- ▶ Rozdzielnica wraz z budynkiem lub pomieszczeniem, w którym się znajduje nazywa się rozdzielnią.
- ▶ W skład stacji transformatorowo-rozdzielczych oprócz rozdzielni wchodzi transformator lub transformatory. Funkcją takiej stacji jest nie tylko rozdział energii, ale także zmiana jej parametrów, np. poziomu napięcia.
- ▶ W każdej stacji elektroenergetycznej występują urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej oraz urządzenia pomocnicze, np. źródła napięcia potrzeb własnych i napięcia pomocniczego dla obwodów sterowania, zabezpieczeń, sygnalizacji i oświetlenia, jak również instalacje uziemień ochronnych, roboczych i odgromowych i urządzenia łączności i telemechaniki. Ponadto, w niektórych stacjach instaluje się urządzenia zapewniające wymaganą pracę sieci elektroenergetycznej, jak np. baterie do kompensacji mocy biernej, dławiki do ograniczenia prądu zwarciovego, kompensatory do poprawy jakości energii elektrycznej.

WYMAGANIA STAWIANE KONSTRUKCJĄ STACJI ELEKTROENERGETYCZNEJ

- ▶ Konstrukcja każdej stacji elektroenergetycznej powinna spełniać następujące wymagania:
- ▶ zapewnienie wymaganej niezawodności dostawy energii elektrycznej odbiorcom
- ▶ bezpieczna i wygodna eksploatacja
- ▶ bezpieczeństwo obsługi
- ▶ łatwa rozbudowa
- ▶ racjonalność kosztów.

ŹRÓDŁA ZABURZEŃ POGARSZAJĄCYCH JAKOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ.



NIEZAWODNOŚĆ DOSTAWY ENERGII DO ODBIORCÓW

- ▶ Odbiorcy oczekują niezawodnej, czyli ciągłej dostawy energii elektrycznej. Pewne przerwy w zasilaniu są jednak nieuniknione, ze względu na możliwość różnego rodzaju awarii lub też konieczność prowadzenia prac eksploatacyjnych. Podniesienie poziomu niezawodności zasilania jest związane ze zwiększeniem nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Decyzje w tej sprawie podejmuje się po przeprowadzeniu rachunku ekonomicznego i porównaniu ponoszonych nakładów z uzyskanymi efektami, którymi są mniejsze koszty strat ponoszonych przez odbiorcę na skutek przerw w zasilaniu. W praktyce poziom niezawodności dostosowuje się do charakteru odbiorców.

- ▶ Najmniejszą niezawodnością zasilania charakteryzują się sieci wiejskie. Ze względu na występujące w nich duże odległości pomiędzy odbiorcami oraz stosunkowo małe moce odbierane, sieci te są bardzo kosztowne. Dlatego też stosuje się tutaj rozwiązania najtańsze tj. sieci otwarte, najczęściej bez żadnych możliwości rezerwowania. Awaria w sieci wiejskiej bez zasilania rezerwowego powoduje przerwę w zasilaniu trwającą do czasu naprawy uszkodzonego elementu, w praktyce od kilku godzin do kilku dni. W przypadku istnienia możliwości zasilania rezerwowego, konieczne przełączenia dokonywane są ręcznie, co w połączeniu z rozległością tej sieci daje czas przerwy rzędu godzin.
- ▶ Większej pewności zasilania wymagają odbiorcy bytowo-komunalni w miastach. Wynika to z faktu, iż jedną linią zasila się gospodarstwa domowe, ale także odbiorców ważniejszych jak: kina, teatry, szpitale, urzędy państwowe, duże sklepy, wodociągi, tramwaje itp. Dlatego też sieci miejskie, pomimo że pracują jako promieniowe, mają najczęściej możliwość rezerwowego zasilania drugą linią. Przełączenia na zasilanie rezerwowe odbywają się ręcznie - w sieciach nn lub automatycznie - w sieciach SN.

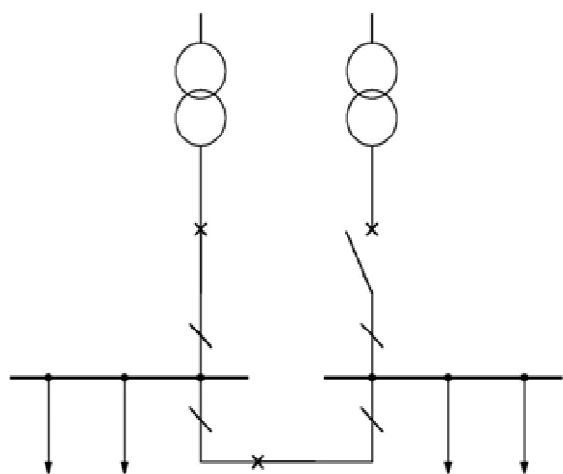
DOSTARCZENIE ENERGII W PRZEMYŚLE

- ▶ Niezawodność zasilania jakiej wymagają odbiorcy przemysłowi jest bardziej zróżnicowana i zależy od wartości strat spowodowanych przerwą w dostawie energii. Wyróżnia się trzy kategorie zasilania zakładów przemysłowych:
- ▶ **kategoria I** - zakłady posiadające odbiorniki, przy których przerwa w zasilaniu może spowodować niebezpieczeństwo dla życia ludzkiego (np. wybuch) , duże straty materialne wynikające z uszkodzenia urządzeń lub zniszczenia surowców lub długotrwałe przestoje; wymagają one 100% rezerwy zasilania,
- ▶ **kategoria II** - zakłady, w przypadku których przerwa w zasilaniu powoduje straty materialne wynikające z niewykonanej lub zmniejszonej produkcji; o wielkości rezerwy decyduje rachunek ekonomiczny,
- ▶ **kategoria III** - pozostałe zakłady; z reguły nie wymagają one rezerwy.

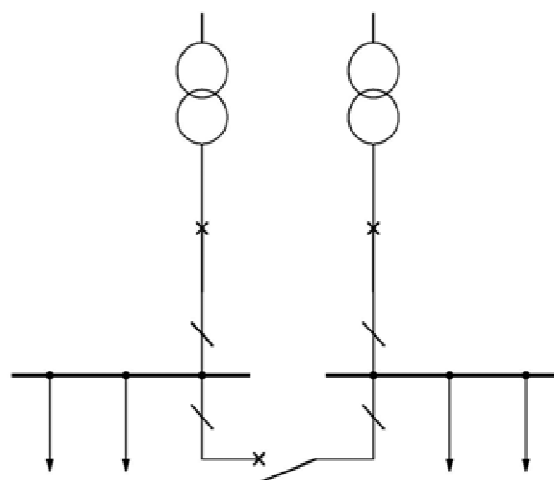
NIEZAWODNOŚĆ ZASILANIA MOŻNA ZWIĘKSZYĆ POPRZEZ STOSOWANIE:

- ▶ urządzeń rezerwowych,
- ▶ zamykania sieci,
- ▶ automatyki sieciowej,
- ▶ doskonalszej aparatury
- Rezerwowe urządzenia zasilające mogą stanowić *rezerwę jawną* lub *utajoną*. W przypadku rezerwy jawnej są one włączane do pracy po awarii urządzenia zasilania podstawowego. Mogą to być przykładowo:
 - dodatkowa linia, przyłączona do innej stacji elektroenergetycznej niż linia podstawowa,
 - rezerwowy transformator,
 - agregat prądotwórczy składający się z silnika Diesla i generatora.

PRZYKŁADOWE UKŁADY REZERWY JAWNEJ I UTAJONEJ



JAWNA



UTAJONA

ROZWÓJ SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

- ▶ Celem i kierunkiem polityki energetycznej jest:
- ▶ zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego, czyli zapewnienia mocy wytwórczych pokrywających zapotrzebowanie, z uwzględnieniem zdolności przesyłowych systemu oraz wymaganej rezerwy,
- ▶ ochrony środowiska i klimatu poprzez ograniczenie emisji szkodliwych substancji i gazów
- ▶ zwiększenia efektywności energetycznej i jakości dostawy energii elektrycznej
- ▶ zwiększenia konkurencyjności rynków energii
- ▶ spełnienia wymagań związanych polityką Unii Europejskiej



DZIĘKUJE ZA
UWAGĘ
MAREK
ROBAKOWSKI